

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу **Космыниной Натальи Александровны** «Языковые и инструментальные средства создания и исполнения сценариев управления космическими аппаратами», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.11 – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей.

1. Актуальность темы диссертации

Космические аппараты (КА) применяются в самых разных областях: связь, навигация, геодезия и другие. Увеличивается разнообразие целевых функций, требующих применения КА. КА оснащаются все большим числом различного оборудования. Растет сложность КА. Управление функционированием КА в космическом пространстве реализуется на разных уровнях, в том числе с Земли, с Наземного Комплекса Управления (НКУ), посылкой команд управления по каналам связи.

Набор команд управления, посылаемых с НКУ, оформляется в виде независимого сценария управления и записывается на специальном предметно-ориентированном языке управления ЯОТР. Длительная эксплуатация языка ЯОТР в космическом центре «Информационные Спутниковые Системы» (ИСС) на большом числе реально функционирующих АК выявила ряд существенных недостатков в языке ЯОТР. Прежде всего, это большое время разработки сценариев управления и возможность ошибок, обусловленных человеческим фактором и особенностями языка ЯОТР.

Назрела необходимость разработки нового языка управления с лучшими характеристиками по времени разработки сценариев управления и понимания сценариев операторами. Практическая разработка в ИСС нового языка управления и поддерживающего его программного инструментария была совмещена с исследовательской работой по перспективным языкам управления и инструментам для этих языков. Данная тема исследования, безусловно, актуальна с учетом растущей сложности управления ввиду увеличения сложности КА. Применение результатов исследований в практически реализованных языках управления будут способствовать успешному выполнению целевых функций КА. Результаты исследований имеют большую значимость для других предприятий космической отрасли.

2. Структура диссертация и общая характеристика работы

Диссертация включает введение, четыре главы, заключение, список литературы из 81 наименований, список сокращений, два приложения. Работа изложена на 127 страницах, содержит 32 рисунка, 10 таблиц.

Во введении представлена актуальность диссертационной работы, сформулирована цель, определены задачи, раскрыта научная новизна, теоретическая и практическая значимость исследования.

В первой главе описываются языковые средства управления космическими аппаратами (КА). Обосновывается выбор предметно-ориентированного языка в противовес универсальному, а также использование разных языков для этапов разработки и эксплуатации КА. Дается обзор языков, эксплуатируемых в различных космических центрах в мире.

Определяется состав программного обеспечения (ПО), поддерживающего работу различных инструментов управления. Определяется архитектура инструментов управления на основе анализа доступной информации о инструментах такого вида. Состав ПО иллюстрируется для шести различных зарубежных инструментов управления. На основе анализа открытых публикаций по этим инструментам формулируется набор положений, характеризующих архитектуру современного инструмента управления КА. К сожалению, не представляющие серьезной ценности, поскольку данная информация была известна ранее. Наконец, описывается архитектура ПО, используемого на предприятии «Информационные Спутниковые Системы».

В результате анализа разных языков управления КА определен набор общих требований к структуре языка управления, учтенных при реализации языка Дельта. Анализ и принятые решения выглядят вполне убедительными.

Во второй главе анализируется процесс организации управления КА при его эксплуатации. На базе этого анализа предложена модель процесса управления КА. Из модели выводятся требования к создаваемому языку управления КА.

Детально рассмотрены составляющие жизненного цикла КА. Определена структура процесса управления КА. Определены задачи управления на этапе штатной эксплуатации КА. Сценарии управления применяются для решения стандартных задач предметной области. Приведена примерная библиотека сценариев. Определена модель предметной области.

В третьей главе описывается язык управления КА Дельта. Требования к языку управления формулируются исходя из модели предметной области и требований к набору языковых конструкций, учитывающие требования международного стандарта и опыт использования предыдущего эксплуатируемого языка ЯОТР.

Описывается синтаксис и семантика предметно-ориентированного языка управления «Дельта». Показано его соответствие выделенному перечню требований к языкам такого типа. В языке Дельта обеспечена преемственность с предыдущим языком ЯОТР. Реализован исчерпывающий семантический контроль, блокирующий исполнение при наличии ошибок.

В четвертой главе описываются инструментальные средства создания и исполнения сценариев управления космическими аппаратами. Это редактор, интерпретатор, библиотека сценариев и помощник. Описаны все эти средства. Формально определена структура отчетного документа, из которого конвертор автоматически извлекает набор сценариев. Помощник обеспечивает возможности

синтаксически ориентированной редакции при создании сценариев. Описана реализация инструментальных средств, предоставляемых в графическом интерфейсе пользователя.

Приведено сравнение разработки сценариев в ЯОТР с переносом этих же сценариев из документации на язык Дельта с помощью конвертора. Показатели сравнения следующие: время разработки или переноса, число символов в сценарии и число строк. Для языка Дельта показатели времени лучше почти на порядок.

3. Научная новизна.

В диссертационной работе Космыниной Н.А. получены следующие новые научные результаты, представляющие практический интерес:

- построена модель процесса управления КА;
- на базе анализа эксплуатации языка ЯОТР и модели процесса управления разработаны требования к новому языку управления Дельта;
- разработан предметно-ориентированный командный язык Дельта, учитывающий требования к языку, с лучшими показателями по эффективности разработки сценариев управления КА;
- разработана новая технология автоматического извлечения сценариев из отчетной эксплуатационной документации по управлению КА;
- разработана архитектура инструментальных средств подготовки и выполнения сценариев управления КА с лучшими показателями.

4. Степень обоснованности и достоверности полученных результатов

Обоснованность и достоверность положений диссертации вытекает из достоверности каждого положения в указанной ниже цепочке положений и согласованности соседних положений между собой.

Модель процесса управления КА является адекватным отражением реального процесса управления различными КА на ОА ИСС, абстрагированная и спроецированная на набор различных действий в сеансе взаимодействия КА с НКУ.

Перечень требований является адекватным и полным отражением реальных потребностей в представлении разнообразных действий при взаимодействии КА с НКУ.

Язык Дельта соответствует разработанному набору требований. Обоснование представлено в разделе 3.4.

Достоверность полученных результатов подтверждается разработкой инструментов управления КА на базе языка Дельта и успешной апробацией инструментов в АО ИСС.

5. Научная и практическая ценность результатов диссертации

Научная и практическая ценность диссертации заключается в следующем.

В рамках исследования определены требования к языку управления КА, эксплуатируемых в АО ИСС. С учетом данных требований разработан язык управления Дельта.

Спроектирован и реализован набор программных инструментов:

- интерпретатор, поддерживающий выполнение сценариев управления на языке Дельта во время сеанса связи с КА, в ручном и автоматизированном режимах;
- редактор сценариев;
- «помощник» с возможностями синтаксически-ориентированной редакции;
- библиотека стандартных сценариев управления КА, для создания наборов сценариев управления КА;
- конвертор, в автоматизированном режиме преобразующий эксплуатационную документацию по управлению КА в набор сценариев управления на языке Дельта.

Опыт эксплуатации разработанных языковых и инструментальных средств создания и исполнения сценариев управления КА показал, что их применение существенно ускоряет создание новых сценариев. Должно снизиться число ошибок в сценариях, так как сценарии в большинстве случаев получаются с помощью конвертора из документации.

Предложенный подход к организации языковых и инструментальных средств создания и исполнения сценариев управления КА применим для автоматизации процесса управления КА различного назначения для предприятий ракетно-космической отрасли.

6. Замечания по диссертационной работе

1. В диссертации нет детального определения специфики командных языков управления, в частности, при работе с данными. Не определено сходство и различие командных языков с обычными языками программирования, что должно бы способствовать в обосновании предлагаемого набора операторов языка Дельта.

2. Исследования по разработке перспективного языка управления КА базируются только на собственном опыте АО ИСС и опыте РКК Энергия. Информация о зарубежных языках управления из открытых публикаций не дала новой значимой информации. Опыт РКЦ Прогресс, ГКНПЦ им. Хруничева и других космических центров в разработке и эксплуатации языков управления, к сожалению, не был использован.

3. Наряду с эффективностью и надежностью в составе нефункциональных требований к новому языку и инструментам управления должны быть указаны также: безопасность (в частности, от ошибок операторов), защищенность от вредоносного воздействия, отказоустойчивость, переносимость на другие платформы, универсальность языка и инструментов. Указанные требования фактически

реализованы в языке Дельта и инструментах, однако не указаны в составе исходных требований.

В соответствии с международным стандартом «Systems and software engineering — Life cycle processes — Requirements engineering. ISO/IEC/ IEEE 29148» требования к языку и инструментам управления КА должны быть систематически выведены из требований к эксплуатации некоторого семейства КА, поскольку процесс управления с НКУ является частью функционирования КА. Следует отметить, что косвенно некоторые требования к КА присутствуют в Разделах 1.2.1, 1.2.2 и 1.2.3.8 при описании архитектуры программного обеспечения для КА.

Несмотря на указанные несогласованности со стандартом, тем не менее, следует учесть, что анализ и определение требований к языку и инструментам управления КА реализованы диссертантом систематически на хорошем уровне и не содержат существенных ошибок.

Положения стандарта по инженерии требований должны быть частью регламента работы исполнителей на предприятии АО ИСС. В настоящее время указанный стандарт внедрен в Московском авиационном институте, но не на одном из предприятий Роскосмоса.

4. Нет сравнения времени написания сценариев на языках ЯОТР и Дельта. Создается впечатление, что построение сценариев в языке Дельта всегда реализуется автоматизированным переносом эксплуатационной документации через конвертор. Однако явно об этом нигде не сказано.

При сравнении числа символов в сценариях на языке ЯОТР и после переноса на язык Дельта следовало бы учитывать только значащую информацию, исключив пробелы.

5. Текст диссертации написан в хорошем литературном стиле. Лишь в одном месте встречается жаргонное слово: «сохранять, **кликнув** на другой сценарий в дереве». Вместо «конвертер» лучше использовать термин «конвертор».

Указанные замечания не влияют на общую положительную оценку работы, не снижают научной и практической ценности результатов диссертации.

7. Заключение о работе

Представленная диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, содержит подходы к решению научной задачи, имеющей большую практическую ценность в космической отрасли, и выполнена на высоком научном уровне. Концептуальная часть диссертационной работы, включающая модель предметной области, набор требований и архитектуру языка и инструментов управления КА, тщательно разработана. Положения диссертации изложены понятно, последовательно и компактно, хорошим литературным языком.

Результаты исследований обладают научной новизной и достоверностью, все полученные выводы научно обоснованы. Основные положения диссертационной работы достаточно полно освещены в научных публикациях автора. Автореферат отражает основное содержание диссертации. Содержание и область исследований диссертации соответствует паспорту специальности 05.13.11.

Вышесказанное позволяет утверждать, что диссертационная работа Космыниной Натальи Александровны соответствует требованиям пунктов 9-11 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.11 – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей.

Официальный оппонент
Шелехов Владимир Иванович,
к.т.н., доцент,
заведующий лабораторией системного программирования,
старший научный сотрудник,
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт систем информатики им. академика А.П. Ершова
Сибирского отделения Российской академии наук,
пр-т Академика Лаврентьева, 6, Новосибирск, 630090.
Тел: (383) 330-27-21; E-mail: vshel@iis.nsk.su

 Шелехов Владимир Иванович

Подпись В.И. Шелехова заверяю.
Начальник ОК ИСИ СО РАН


ВЕРНО
Нач. отдела кадров

Ова О.А.
2. 2020

*Отзыв поступил
в совет 07.02.2020*
AB

*С отзывом ознакомлена
07.02.2020*
Ова